

Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la evolución de CO₂ y rendimiento de avena en un suelo de Chimangual (Andisol), departamento de Nariño-Colombia

Influences of nitrogen fertilization on the evolution of CO₂ and yield in oat in a soil of Chimangual (Andisol), of Nariño department of Colombia

Amanda Silva P.,¹ Carmen L. Gálviz Ch.,² Juan C. Menjivar F.³

RECIBIDO: SEPTIEMBRE 14/06. ACEPTADO: FEBRERO 13/07

¹ Ing. Agr. M.Sc. Universidad de Nariño. amandasilva@latinmail.com

² Ing. Agr. M.Sc. Universidad de Nariño. carmenlucia@udenar.edu.co

³ Ing. Agr. Ph.D. Universidad Nacional de Colombia. AA 237. Palmira, Valle. Autor para correspondencia. jcmenjivarf@palmira.unal.edu.co

RESUMEN

En un diseño factorial con arreglo en BCA se analizó el efecto de tres fuentes de nitrógeno (nitrato de potasio 13% de N, sulfato de amonio 21% de N y colácteos 27% de N, este es una fuente local de fertilización), tres dosis (25, 75 y 150 kg N ha⁻¹) y tres épocas de aplicación (a la siembra, a los 45 días y fraccionado) sobre la actividad microbiana y rendimiento de *Avena sativa*. Se encontraron valores de respiración más altos en las semanas 2 y 7 siguientes a la incorporación de las dosis más altas (75 y 150 kg N ha⁻¹) y con las aplicaciones fraccionadas de los fertilizantes. El nitrato de potasio, colácteos y sulfato de amonio ocasionaron mayores incrementos en los valores de respiración del suelo y rendimiento de forraje verde cuando se aplicaron a la siembra, fraccionado y a los 45 días respectivamente. La respiración correlacionó positivamente con los rendimientos del cultivo establecido.

Palabras claves: *Avena sativa*, fertilización, respiración, rendimiento, actividad microbiana.

SUMMARY

The influence of nitrogen fertilization on microbial activity and yield of oat crop in a soil of Chimangual (Andisol) of Nariño department of Colombia was measured. The experiment was designed using a factorial design arranged in a CBD. The three N sources consisted of: potassium nitrate, 13%N, ammonium sulfate 21%N and colacteos 27%N (a local nitrogen fertilizer). Also, three doses (25, 75 and 150 kg N ha⁻¹) and three application times were used: at sowing time, total at 45 days and fractional, 50% at sowing and 50% at 45 days after sowing. The higher respiration values at week 2 and 7 were observed after the higher dose of N (75 and 150 kg N ha⁻¹) and fractional application were done. Potassium nitrate, colacteos and ammonium sulfate caused the higher increments in soil respiration and yield of green forage these fertilizer were applied at sowing time fractional and at 45 days respectively. Respiration positively correlated with yields of the established crop.

Key words: Fertilization, respiration, yield, microbial activity, oat *Avena sativa*.

INTRODUCCIÓN

La utilización eficiente de fertilizantes es de importancia vital para mantener o elevar la productividad de los suelos, generalmente deficientes en nutrientes esenciales, lo cual se ve reflejado en el mejor rendimiento de los cultivos (Guerrero, 1998). En el departamento de Nariño se utilizan fuentes nitrogenadas en dosis que varían desde 280 hasta 530 kg/ha/año para avena forrajera (Universidad de Nariño, 2002). Esta aplicación se realiza sin conocimiento de la dinámica del nitrógeno y de características intrínsecas del suelo,

pudiendo tener consecuencias serias desde el punto de vista medioambiental, así como en las poblaciones microbianas, emisiones de CO₂ y en la planta lo relacionado con rendimiento, calidad del forraje, producción de materia seca y contenido de proteína.

Los nutrientes suplen energía para crecimiento y reacciones químicas. Los carbohidratos de nutrientes orgánicos se oxidan en la respiración y la energía liberada se usa para dirigir reacciones químicas para síntesis de componentes bioquímicos necesarios para el crecimiento y mantenimiento. Además, los micro-

organismos deben tener una concentración adecuada de elementos minerales esenciales (Burbano, 1989).

La mayoría de los elementos minerales necesarios están disponibles en el sustrato o suelo.

Los principales nutrientes para las bacterias heterotróficas son carbón orgánico y nitrógeno. La deficiencia en una de estas dos fuentes de nutrientes puede limitar el metabolismo y, por ende, la respiración (Alexander, 1980). Los microorganismos contienen por lo general 5 a 10% de nitrógeno con base en el peso seco, el cual debe ser suministrado por la concentración de N existente en el suelo o el sustrato orgánico a descomponer (Smith *et al.*, 1985; Anderson e Ingram, 1993; Brady, 1989; Siqueira *et al.*, 1994). La respiración es uno de los parámetros más antiguos para cuantificar la actividad microbiana (Moreira y Siqueira, 2002), representa la oxidación de la materia orgánica hasta la formación del CO₂ por organismos aeróbicos del suelo. La determinación de la biomasa microbiana a través de la estimación de su población en el suelo es demasiado difícil, por lo que los esfuerzos se dirigen actualmente a tratar de establecer la actividad total de los microorganismos mediante la evaluación de la producción de CO₂, considerada según Burbano (1989) como un buen índice de la actividad microbiana.

En el presente trabajo se evaluó el efecto de tres fertilizantes nitrogenados en tres dosis y tres épocas de aplicación sobre la respiración del suelo y rendimiento de *Avena sativa*.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el ensayo que se realizó en la Granja Experimental de Chimangual, departamento de Nariño (1° 03' 4.00" latitud Norte; 77° 44' 57.50" y longitud Este; 3.050 msnm, 11°C, precipitación de 800 mm al año y humedad relativa del 75%), se sembró *Avena sativa* L., variedad Cayuse®, adaptada a las condiciones de la zona.

El experimento se arregló en un diseño factorial en bloques completos al azar, en el cual se analizaron tres fuentes de nitrógeno (nitrato de potasio 13% de N, sulfato de amonio 21% de N y colácteos 27% de N) y tres dosis (25, 75 y 150 kg N ha⁻¹) en tres épocas de aplicación (a la siembra, a los 45 días y fraccionado) para un total de 27 tratamientos con tres repeticiones, la unidad experimental fue de 9 m². En la Tabla 1 se muestran las cantidades de los fertilizantes nitrogenados aplicados, además del contenido de otros nutrientes presentes en las fuentes utilizadas con el fin de igualar las cantidades de elementos diferentes del nitrógeno con fuentes simples que contienen P, K, S y Mg.

Tabla 1. Dosis y concentración de elementos en los fertilizantes aplicados.

Fuente de nitrógeno	Dosis de N kg ha-1	Cantidad de fertilizante aplicado kg ha-1	Aportes de otros elementos kg ha-1			
			S	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Nitrato de potasio 13% de N y 44% de K ₂ O	25	192.30			84.62	
	75	576.92			253.84	
	150	1153.88			507.70	
Sulfato de amonio 21% de N y 24% de S	25	119.04	28.56			
	75	357.1	85.70			
	150	714	171.36			
Colácteos 27-10-5-6-5	25	92.5	5.55	9.25	5.55	4.62
	75	277.7	16.66	27.7	16.66	13.87
	150	555.5	33.33	55.55	33.33	27.77

Para la determinación de respiración microbiana (CO₂) se tomó una muestra representativa obtenida de tres sitios de muestreo a 15 cm de profundidad, seca al ambiente durante una semana; se utilizaron 81 tubos de ensayo de 25 cm³, los cuales se llenaron con el equivalente a 10 g de suelo seco y para calcular la cantidad de suelo a pesar se determinó la humedad gravimétrica. Junto con el agua requerida para llevar el suelo a capacidad de campo, se aplicaron los diferentes tratamientos.

Las mediciones de CO₂ se realizaron cada semana, durante un lapso de 10 semanas de incubación del suelo a partir de la aplicación de los fertilizantes, la medida del CO₂ producida en el suelo como resultado de su actividad metabólica se midió en los tubos de ensayo sometidos a sistema "atmosférico cerrado" utilizando el peróxido de bario (BaO²), aportando oxígeno para la respiración de los microorganismos, en tanto que el bario se combinó con el dióxido de carbono producido para formar carbonato, y que se midió por medio de un calcímetro volumétrico (Burbano, 1978).

Cuando el 50% de las plantas en cada unidad experimental presentaron el grano en estado lechoso se determinó el rendimiento de las plantas contenidas en un marco de 1 m² lanzado al azar sobre cada parcela.

Para determinar los efectos de las fuentes de variación (épocas de aplicación, fuentes y dosis) sobre las variables, se utilizaron análisis de varianza, y cuando estas fueron significativas se utilizó el test de DMS. También se analizaron interacciones. Además se realizó análisis de regresión para relacionar el rendimiento con la respiración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para respiración del suelo mostró diferencias estadísticas ($p < 0.01$) para tiempos de evaluación; la respiración del suelo medida en mg C-CO₂ g⁻¹ suelo seco presentó una mayor actividad biológica en la semana 7 posterior a la incorporación de los fertilizantes, presentando el menor valor de respiración en la semana 6 (Tabla 2).

El comportamiento entre las semanas 2 y 6 tendió a la estabilización, lapso en el cual los microorganismos metabolizaron los fertilizantes nitrogenados. Nuevamente tendió a la estabilización hasta la semana 10. Habida cuenta de que los ciclos o ritmos de los organismos vivos están lejos de ser lineales o permanentes, en el caso de estudio pudo ser el resultado de los tratamientos, de las condiciones del suelo y de las poblaciones microbianas.

Lynch y Panting (1980), Cerri y Jenkinson (1981), Parker *et al.* (1983), Puig-Giménez y Chase (1994), Smith *et al.* (1985), Ceulemans *et al.* (1987), Collins *et al.* (1990), Davelouis *et al.* (1991) reportaron resultados similares y los mismos se explican por el aporte de sustrato carbonado, así como el de nutrientes (básicamente N y P) que se usan en la constitución del protoplasma microbiano (Rivero y Paolini, 1995), aumentando las poblaciones y la actividad respiratoria seguidamente a la incorporación de los mismos.

Existieron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en la respiración del suelo en relación con la época de aplicación de fertilizantes, y esta fue mayor

Tabla 2. Prueba de comparación de medias para valores de respiración en diferentes tiempos de evaluación, épocas de aplicación y dosificaciones del fertilizante nitrogenado.¹

Tiempos	Respiración mg C-CO ₂ g ⁻¹ suelo seco				
	Promedios	Épocas	Promedios	Dosis	Promedios
7	4.3842a	Fraccionado	2.80a	150	2.81a
2	3.5613b	A los 45 días	2.48b	75	2.62a
1	3.3828b	A la siembra	2.40b	25	2.25b
8	2.5817c				
9	2.3641c				
3	2.3205de				
4	1.9940de				
5	1.8416e				
10	1.8242e				
6	1.4019f				

¹ Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente entre sí (Test de DMS, $P < 0.01$).

cuando se agregaron en forma fraccionada, a la siembra y a los 45 días, posiblemente porque el sustrato se repartió durante todo el ciclo, incrementando las poblaciones y por ende la respiración.

Los contenidos de mg C-CO₂ g⁻¹ suelo seco se elevaron en presencia de las mayores dosis (150 y 75 kg N ha⁻¹), las que al elevar el contenido de nitrógeno disponible produjeron un incremento en la actividad biológica del suelo, ya que promueven valores mayores de carbono de biomasa y respiración, sobre todo en los momentos cercanos a la incorporación. Insam *et al.*

(1991); Badía y Alcañiz (1994); Constantini *et al.* (1997) y Quemada y Menacho (1999) anotaron que suelos no fertilizados o que recibían pequeñas cantidades de fertilizante tenían menor actividad respiratoria por unidad de biomasa que los que recibían cantidades adecuadas de los mismos.

Se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.01$) para la interacción dosis*tiempos de evaluación (Figura 1). Los mayores valores de respiración se presentaron en las semanas 2 y 7 (a los 16 y 56 días de aplicación de los fertilizantes) con las dosis más

altas 150 y 75 kg N ha⁻¹. El resultado confirmó que la actividad microbial del suelo aumentó por efecto de las cantidades y del tiempo transcurrido desde las aplicaciones iniciales de los fertilizantes, incrementándose las poblaciones y la actividad respiratoria.

En las interacciones épocas de aplicación*fuentes (p <0.01) los valores más altos de respiración (Figura 2) y rendimiento (Figura 3) se alcanzaron con el nitrato de potasio aplicado a la siembra, Colácteos en forma fraccionada y sulfato de amonio a los 45 días, mostrando ambas variables tendencia similar, probablemente porque la acción de los fertilizantes fue mejor en estas

épocas sobre la actividad microbial y se reflejó en el rendimiento.

El análisis de correlación (Figura 4) mostró influencia positiva entre la respiración del suelo (mg CO₂ g⁻¹ suelo seco) y el rendimiento de avena (t ha⁻¹), posiblemente debido al incremento de las poblaciones microbiales que desempeñan papel importante en los procesos de transformación de los fertilizantes nitrogenados a formas disponibles para las plantas, factor que se reflejó en el incremento de forraje verde de la *Avena sativa*, resultados que concuerdan con los obtenidos por Almeida (1991) y Constantini *et al.* (1997).

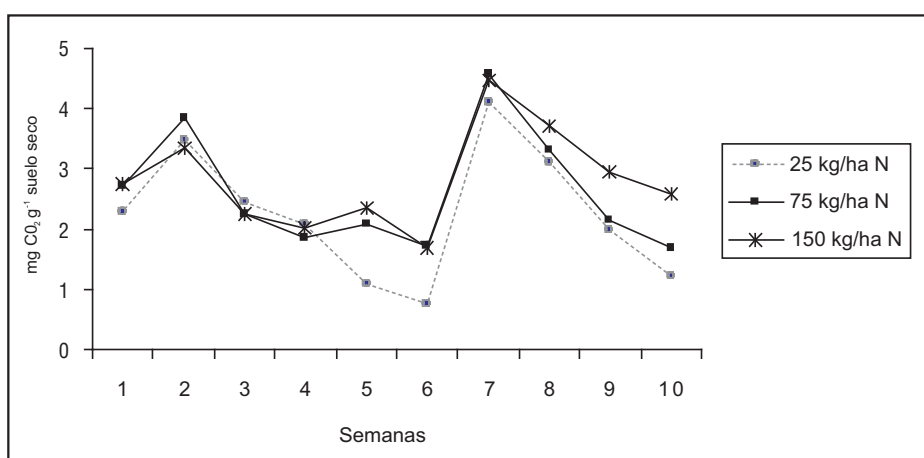


Figura 1. Valores promedio de respiración para las distintas dosis de aplicación en los diferentes tiempos de evaluación.

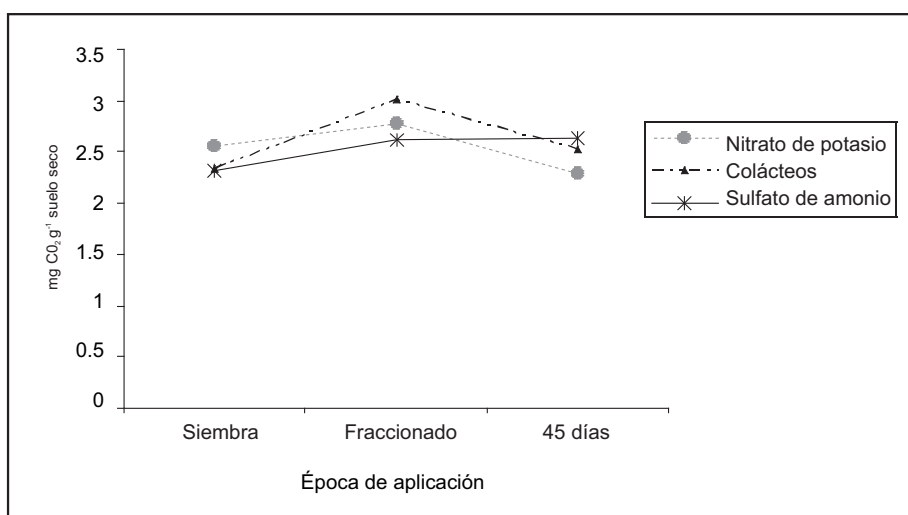


Figura 2. Valores medios de respiración para las distintas épocas de aplicación con diferentes fuentes nitrogenadas.

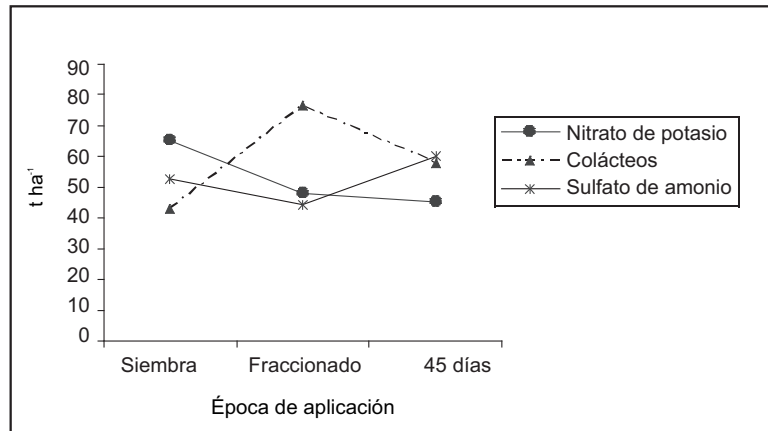


Figura 3. Valores medios de rendimiento para las distintas épocas de aplicación con diferentes fuentes nitrogenadas.

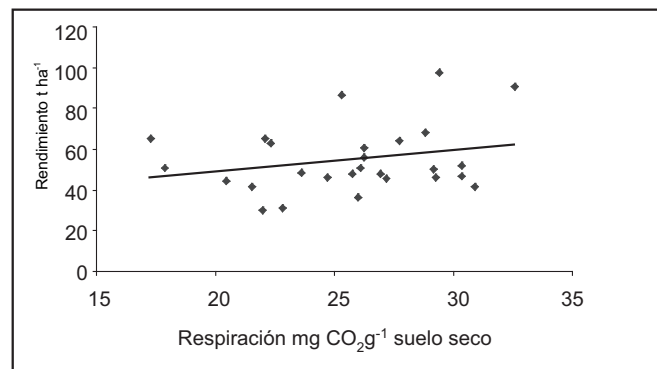


Figura 4. Correlación entre la respiración del suelo y el rendimiento de *Avena sativa*.

CONCLUSIONES

1. Los más altos valores de respiración ocurrieron en las semanas siguientes a la incorporación de los fertilizantes con las dosis más altas y cuando se aplicaron en forma fraccionada.
2. Se presentó mejor efectividad de los fertilizantes nitrato de potasio, Colácteos y sulfato de amonio sobre las variables respiración y rendimiento cuando se aplicaron a la siembra, fraccionado y a los 45 días respectivamente.
3. Existió correlación positiva entre la respiración del suelo y el rendimiento de forraje verde en *Avena sativa*.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, M. Introducción a la microbiología del suelo. México: AGT., 1980. 491 p.
- Almeida, D.L. de. Contribuições de adubação orgânica para a fertilidade do solo (Tese de Doutorado). Rio de Janeiro: UFRRJ, 1991. 192p.
- Anderson J.M.; Ingram J.I.I. Tropical soil biology and fertility: A Handbook of methods. 2a. ed. CAB Internacional, 1993. P 68-70.
- Badía, D.; Alcañiz, J.M. Basal and specific microbial respiration in semiarid agricultural soils: organic amendment and irrigation management effects. *Geo microbiol* v.11: p.261-274, 1994.
- Brady, N. C. Natureza e propriedades dos solos, Trad. Antônio B. Neiva Figueiredo Fº. 7º ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. Pp 277-279.
- Burbano, H. Manual de laboratorio: Curso de bioquímica de suelos (versión preliminar). Bogotá: s.e, 1978.

- Burbano, H. El suelo: una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Pasto: Universidad de Nariño. 1989. 447 p.
- Cerri C. C.; Jenkinson, D.S. Formation of microbial biomass during the decomposition of ¹⁴C labelled ryegrass in soil. *J Soil Sci.* 32:619-626. 1981.
- Ceuleman, S. I.; Impens, I.; Gabriels, R. CO₂ evolution from different types of soil cover in the tropics. *Trop Agric (Trinidad)*. 64:59-68. 1987.
- Constantini, A.; Segat, A.; De Almeida, D.; De-Polli, H. Effect of different fertilizers on microbial biomass carbon, respiration and yield under a lettuce crop. *Communic Soil Sci Plant Analysis*, v.26: 2761-2767, 1997.
- Collins, H.; Elliot, L.; Papendick, R. Wheat straw decomposition and changes decomposability during field exposure. *Soil Sci Soc Am J.* 54:1013-1016. 1990.
- Davelouis, J.; Sánchez P., Y.; Hseih, Nelson, L. Decomposition rates of green manure in an acid ultisol. *Trop. Soil. Technical Report* 1988-1989. pp. 284-285. 1991.
- Guerrero, R. Fertilización de cultivos de clima frío. Santafé de Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos, 1998. 421 p.
- Insam, H.; Mitchell, C.C.; Dormar, J.F. Relationship of soil microbial biomass and activity with fertilization practices and crop yield of three ultisols. *Soil Biol Biochem* v:23, 459-464, 1991.
- Lynch J.; Panting, L. Cultivation and the soil biomass. *Soil Biol Biochem.* 12: 29-33. 1980.
- Moreira, M. M. S.; Siqueira, J. O. Microbiología e bioquímica do solo: Brasil: UFPA, 2002.
- Parker, L. W.; Miller, J.; Steinberger, Y.; Whitford. Soil respiration in a Chihuahuan desert rangeland. *Soil Biol Biochem.* 15:303-309. 1983.
- Puig-Gimenez, M. H.; Chase, E. F. Laboratory studies of factors affecting microbial degradation of wheat straw residues in soil. *Can J Soil Sci.* 64:9-19. 1994.
- Quemada, M.; Menacho, E. Emisión de CO₂ y mineralización de nitrógeno en un suelo previamente tratado con lodo de depuradora. Pamplona: Universidad Pública de Navarra, 1999.
- Rivero, C.; Paolini, J. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre la evolución de CO₂ de dos suelos venezolanos. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 21:37-49. 1995.
- Siqueira, S.; Mureira, F.; Grisi, B.; Hungria, M.; Araújo, R. Microorganismos e procesos biológicos do solo. Brasília: Embrapa. 1994. 42 p.
- Smith, J.; Mcneal, B.; Cheng, H. Estimation of soil microbial biomass: An analysis of the respiratory response of soil. *Soil Biol Biochem.* 17:11-16. 1985.
- Universidad de Nariño. Registros anuales granjas Botana y Chingual. 2002.